

Best Available Copy

Express Mail No. EV529817222US
USAN: 10/821,263



Ministero delle Attività Produttive

Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2

**Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: Invenzione Industriale
N. TO 2003 A 000269.**



Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopra specificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

11 GIU. 2004

Roma

IL FUNZIONARIO

P. de Polito GALLOPPO

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

MODULO A

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione STMICROELECTRONICS S.R.L. N.G. IS.R
 Residenza AGRATE BRIANZA (MI) codice 00951900968
 2) Denominazione _____
 Residenza _____ codice _____

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome e nome CERBARO Elena e altri cod. fiscale _____
 denominazione studio di appartenenza STUDIO TORTA S.r.l.
 via Viotti n. 0009 città TORINO cap 10121 (prov) TO

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via _____ n. _____ città _____ cap _____ (prov) _____

D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/sci) _____

gruppo/sottogruppo _____

PROCEDIMENTO PER LA FABBRICAZIONE DI UN DISPOSITIVO MICRO-ELETTRO-MECCANICO, IN PARTICOLARE
UN MICROCOMMUTATORE OTTICO, E DISPOSITIVO MICRO-ELETTRO-MECCANICO COSI' OTTENUTO

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☐

SE ISTANZA: DATA _____ N° PROTOCOLLO _____

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) SASSOLINI Simone 3) DEL SARTO Marco
 2) MARCHI Mauro 4) BALDO Lorenzo

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato
S/R

1) _____
 2) _____

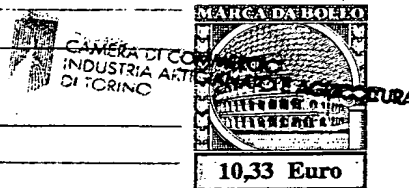
SCIOGLIMENTO RISERVE

Data

N° Protocollo

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICRORGANISMI, denominazione

H. ANNOTAZIONI SPECIALI



DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) ☐ PROV n. pag. 26 riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare) _____
 Doc. 2) ☐ PROV n. tav. 12 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare) _____
 Doc. 3) ☐ RIS lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale _____
 Doc. 4) ☐ RIS designazione inventore _____
 Doc. 5) ☐ RIS documenti di priorità con traduzione in italiano _____
 Doc. 6) ☐ RIS autorizzazione o atto di cessione _____
 Doc. 7) ☐ nominativo completo del richiedente _____

8) attestati di versamento, totale Euro Duecentonovantuno/80

obbligatorio

COMPILATO IL 08 04 2003 FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I)CONTINUA SINO NOCERBARO ElenaDEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SINO SICAMERA DI COMMERCIO IND. ART. AGR. DI TORINO 2003A000269 codice 01

VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA _____ Reg. A

L'anno duemilatre giorno otto, del mese di AprileIl (I) richiedente (I) sopradenunciato (I) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, con allegati di n. 00 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraportato.

I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIO ROGANTE

IL DEPOSITANTE
STUDIO TORTA S.r.l.



DO E AGRICOLTURA

Loredana ZELLADA
 L'UFFICIALE ROGANTE
Loredana Zella

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE

NUMERO DOMANDA

REG. A

DATA DI DEPOSITO 10.8 / 10.4 / 20.0.3

NUMERO BREVETTO

DATA DI RILASCIO

A. RICHIEDENTE (1)

Denominazione

STMICROELECTRONICS S.R.L.

Residenza

AGRATE BRIANZA (MI)

D. TITOLO

PROCEDIMENTO PER LA FABBRICAZIONE DI UN DISPOSITIVO MICRO-ELETTRO-MECCANICO, IN PARTICOLARE UN MICROCOMMUTATORE OTTICO, E DISPOSITIVO MICRO-ELETTRO-MECCANICO COSI' OTTENUTO

Classe proposta (sez./cl./sci/)

(gruppo/sottogruppo)

L. RIASSUNTO

Un procedimento per la fabbricazione di un dispositivo micro-elettro-meccanico (100), avente parti di supporto (17, 47, 48, 50) e parti operative (20-23, 51-54), include le fasi di: predisporre una prima fetta semiconduttrice (1), avente un primo strato (2) di materiale semiconduttore e un secondo strato (16) di materiale semiconduttore, sovrapposto al primo strato (2); formare prime parti di supporto (17) e prime parti operative (20-23) del dispositivo (100) nel secondo strato (16); e fissare la prima fetta (1) a una seconda fetta (32), con il secondo strato rivolto verso la seconda fetta (32). Dopo aver fissato fra loro la prima fetta (1) e la seconda fetta (32) vengono formate seconde parti di supporto (47, 48, 50) e seconde parti operative (51-54) del dispositivo (100) nel primo strato (2).

Figura 21

M. DISEGNO

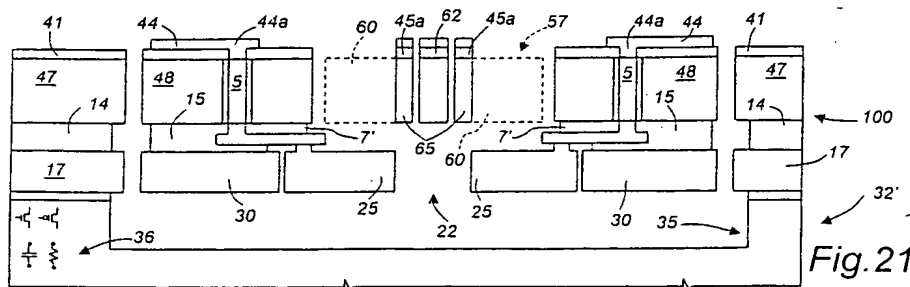


Fig. 21



DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana,

con sede a 20041 AGRATE BRIANZA (MILANO) - VIA C. OLIVETTI, 2

Inventori: SASSOLINI Simone, MARCHI Mauro, DEL SARTO

Marco, BALDO Lorenzo

TO 20034000268

*** **

La presente invenzione riguarda un procedimento di fabbricazione di un dispositivo micro-elettromeccanico, in particolare microcommutatore ottico e un dispositivo micro-elettromeccanico così ottenuto

Sono noti diversi procedimenti per la fabbricazione di strutture micro-elettromeccaniche, quali, ad esempio, selettori ottici a microspecchi, micromotori o microattuatori utilizzabili per il controllo fine della posizione di testine di lettura e scrittura nei lettori di dischi rigidi ("hard disk drivers").

In particolare, di recente, per realizzare microstrutture complesse ed evitare onerose fasi di lavorazione, è stato proposto l'impiego di due distinte fette semiconduttrici: una prima fetta avente almeno due strati è destinata ad alloggiare le microstrutture (parti fisse e parti mobili), mentre una seconda fetta opera come supporto per le microstrutture e integra i

CERRARO Elena
(Ricevitore n. 126/BM)

circuiti di controllo delle microstrutture.

In EP-A-1 122 720 viene descritto un procedimento di fabbricazione del tipo sopra indicato, nella fattispecie per la realizzazione di un microattuatore. In questo caso, la microstruttura è realizzata in parte in un substrato e in parte in uno strato epitassiale della prima fetta. Più precisamente, una struttura di incapsulamento viene inizialmente definita scavando nel substrato trincee che vengono poi riempite di ossido di silicio sacrificale. Quindi, sopra il substrato viene cresciuto lo strato epitassiale, dove vengono definite una parte fissa e una parte mobile della microstruttura mediante lo scavo di ulteriori trincee. In questo modo, la parte mobile viene temporaneamente bloccata per evitare rotture durante le successive fasi di fabbricazione. La prima fetta e la fetta di supporto vengono quindi saldate fra loro, in modo da formare una fetta composta con lo strato epitassiale della prima fetta rivolto verso la fetta di supporto. Il substrato della prima fetta viene poi assottigliato, fino a far affiorare le trincee precedentemente scavate, e l'ossido di silicio sacrificale viene rimosso, liberando la parte mobile. Utilizzando una terza fetta di servizio per ulteriore protezione, la fetta composta viene tagliata in "dice", provvisti di piastrine protettive che vengo-

Classificato
Iscrizione Albo nr 426/BM

no infine rimosse.

Tale soluzione nota, benché rappresenti un considerevole miglioramento rispetto alle soluzioni precedenti, presenta delle limitazioni.

Inoltre, la soluzione proposta non è adatta a realizzare microstrutture in cui la parte mobile, anziché traslare o ruotare in un piano attorno a un'asse, deve ruotare attorno a due assi non paralleli e viene quindi inclinata rispetto alla parte fissa. D'altre parte, il normale funzionamento di alcuni tipi di dispositivi, come i selettori ottici a microspecchi, prevede proprio di modificare l'orientazione della parte mobile, ruotando la parte mobile stessa attorno ad assi non perpendicolari alla sua superficie. In casi simili, occorre prevedere un gioco piuttosto ampio, per evitare che la parte fissa interferisca con la parte mobile; le trincee che separano la parte fissa e la parte mobile devono quindi avere larghezza adeguata, talvolta di decine di micron. Tuttavia, la fase di riempimento di trincee così ampie, che normalmente avviene per ossidazione termica, è difficoltosa e può causare seri inconvenienti, specialmente nel caso delle trincee scavate nel substrato. Infatti, l'ossido termico non sempre cresce abbastanza da colmare le trincee, dove possono rimanere recessi o cavità. Di conseguenza, lo strato

epitassiale successivamente cresciuto si insinua anche in tali recessi e cavità, è irregolare e può causare malfunzionamenti sia elettrici, sia meccanici. Inoltre, è noto che l'ossido termico cresce anche all'interno del silicio, in modo però difficilmente controllabile: una fase di ossidazione termica prolungata va a scapito della precisione nella definizione delle microstrutture, che è però un requisito di primaria importanza.

Un ulteriore inconveniente si può verificare quando occorre riempire un elevato numero di trincee molto vicine fra loro, come le trincee che separano gli elettrodi della parte mobile e della parte fissa. In questo caso, la fetta si può deformare per gli elevati sforzi interni dovuti alla crescita dell'ossido termico.

Scopo dell'invenzione è quindi mettere a disposizione un procedimento di fabbricazione di un dispositivo micro-elettro-meccanico e un dispositivo micro-elettro-meccanico che superino gli svantaggi indicati.

Secondo la presente invenzione vengono realizzati un dispositivo micro-elettro-meccanico ed un relativo procedimento di fabbricazione, come definiti nelle rivendicazioni 1 e, rispettivamente, 12.

Per la comprensione della presente invenzione ne vengono ora descritte forme di realizzazione preferite, a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimen-

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMJ



to ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 mostra una vista dall'alto di una prima fetta semiconduttrice in una fase iniziale di fabbricazione secondo la presente invenzione;

- le figure 2-4 sono sezioni trasversali attraverso la prima fetta di figura 1, lungo la linea II-II di figura 1, in successive fasi di fabbricazione;

- la figura 5 è una vista dall'alto della prima fetta di figura 4;

- le figure 6 e 7 mostrano la stessa vista di figure 4, in successive fasi di fabbricazione;

- la figura 8 è una vista dall'alto della prima fetta di figura 7, in una successiva fase di fabbricazione;

- la figura 9 è una sezione trasversale attraverso la prima fetta di figura 8, lungo la linea IX-IX di figura 8;

- le figura 10 e 11 sono sezioni trasversali attraverso la prima fetta di figura 8, lungo la linea X-X di figura 8, in successive fasi di fabbricazione;

- la figura 12 è una sezione trasversale attraverso una seconda fetta semiconduttrice;

- le figure 13-15 sono sezioni trasversali attraverso una fetta composta formata a partire dalla prima fetta di figura 11 e dalla seconda fetta di figura 12,

in successive fasi di fabbricazione;

- le figure 16 e 17 sono viste dall'alto della fetta composta di figura 15, in successive fasi di fabbricazione;

- le figure 18 e 19 sono sezioni trasversali attraverso la fetta composta di figura 17, lungo le linee XVIII-XVIII e, rispettivamente, XIX-XIX;

- la figura 20 mostra un particolare ingrandito della fetta composta di figura 17; e

- la figura 21 mostra una sezione trasversale di un "die" ottenuto dal taglio della fetta composta di figura 17, sezionata lungo la linea XXI-XXI di figura 17.

Con riferimento alla figura 1, in una prima fetta semiconduttrice 1, avente un substrato 2, ad esempio di silicio monocristallino di tipo N, viene inizialmente eseguito un primo attacco "trench", fortemente anisotropo. In questa fase, vengono scavate trincee di riferimento 3, per definire segni di allineamento per le successive fasi di lavorazione, trincee anulari 4, delimitanti al proprio interno plug 5 di silicio, destinati a formare interconnessioni passanti, come chiarito più avanti, e terze trincee 6, per formare ancoraggi temporanei. Le trincee 3, 4, 6 hanno preferibilmente profondità pari a circa 50 μm .

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

Successivamente, le trincee 3, 4, 6 vengono riempite con materiale dielettrico; a questo scopo, uno strato isolante qui non mostrato, ad esempio ossido di silicio, viene depositato sopra la prima fetta 1 e quindi rimosso. I plug 5 vengono così isolati lateralmente dal silicio circostante del substrato 2; inoltre, all'interno delle terze trincee 6 si formano regioni sacrificali di ancoraggio 9 (figura 2). In alternativa, potrebbero essere usati più strati di riempimento, almeno uno dei quali deve comunque essere di materiale dielettrico.

Come mostrato in figura 3, uno strato dielettrico 7, sempre di ossido di silicio, viene depositato al di sopra della prima fetta 1 e sagomato mediante un attacco mascherato; in questa fase vengono realizzate finestre per contatti 8, in particolare sopra ai plug 5. Viene quindi depositato uno strato conduttivo 10 di polisilicio, che penetra nelle aperture 8 e contatta i plug 5. Come mostrato nelle figure 4 e 5, lo strato conduttivo 10 viene definito mediante una fase di attacco mascherato, in modo da formare linee di interconnessione 11, aventi prime estremità collegate a rispettivi plug 5.

In seguito (figura 6), viene depositato e sagomato uno strato sacrificale 12 di ossido di silicio; in particolare, vengono formate aperture 13 scoprenti seconde

estremità delle linee di interconnessione 11.

Dopo aver deposto uno strato di germe di polisilicio, non mostrato, viene cresciuto uno strato epitassiale 16, ad esempio dello spessore di 50 μm , che penetra anche all'interno delle aperture 13 (figura 7). Lo strato epitassiale 16 è quindi meccanicamente collegato al substrato 2 mediante lo strato sacrificale 12 e lo strato dielettrico 7 ed è inoltre elettricamente connesso ai plug 5 attraverso le linee di interconnessione 11.

Lo strato epitassiale 16 viene poi attaccato con un secondo attacco "trench", fortemente anisotropo, che viene terminato dopo che è stato raggiunto lo strato sacrificale 12; dove attaccato, quindi, il silicio viene rimosso per tutto lo spessore dello strato epitassiale 16. Come mostrato in figura 8, una prima cavità 18, sostanzialmente rettangolare, viene scavata centralmente nello strato epitassiale 16. Più precisamente, la prima cavità 18 è delimitata inferiormente dallo strato sacrificale 12 e lateralmente da una porzione residua dello strato epitassiale 16, che forma una prima cornice esterna 17 di supporto fissata al substrato 2. In questa fase, vengono realizzate nello strato epitassiale 16 parti di supporto e parti operative. In dettaglio, un primo, un secondo, un terzo e un quarto

CERBARO Elena
licenzia Albo nr 426/BMJ



gruppo statorico 20-23, comprendenti ciascuno una pluralità di rispettivi elettrodi statorici 25, vengono formati a partire dallo strato epitassiale 16 (si vedano anche le figure 9 e 10); inoltre, vengono scavate sottili trincee di isolamento 28 (ad esempio, di larghezza pari a 2 μm), che attraversano tutto lo spessore dello strato epitassiale 16 e separano gli uni dagli altri gli elettrodi statorici 25 adiacenti. In figura 8 sono illustrate con linea a tratteggio anche le linee di interconnessione 11, ciascuna delle quali collega uno degli elettrodi statorici 25 con un rispettivo plug 5 (si veda anche la figura 10).

Il primo e il secondo gruppo statorico 20, 21 sono alloggiati in rispettivi recessi 26, 27 ricavati su opposti lati della prima cornice esterna 17 e aperti verso la prima cavità 18. Gli elettrodi statorici 25 del primo e del secondo gruppo statorico 20, 21 sono orientati perpendicolarmente rispetto a un primo asse X, parallelo a facce 1a, 1b della prima fetta 1, e sono disposti a pettine, preferibilmente opposti a coppie; il primo asse X è anche un asse di simmetria del primo e del secondo gruppo statorico 20, 21. Inoltre, gli elettrodi statorici 25 del primo e del secondo gruppo statorico 20, 21 si estendono a sbalzo dalla periferia verso l'interno dei rispettivi recessi 26, 27.

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BM

Il terzo e il quarto gruppo statorico 22, 23 sono alloggiati all'interno della prima cavità 18 e all'interno di rispettive strutture di protezione 30, fissate al substrato 2-. Gli elettrodi statorici 25 del terzo e del quarto gruppo statorico 22, 23 sono orientati perpendicolarmente rispetto a un secondo asse Y, a sua volta ortogonale al primo asse X e sono disposti a pettine, preferibilmente opposti a coppie; il secondo asse Y è anche un asse di simmetria del terzo e del quarto gruppo statorico 22, 23. Inoltre, gli elettrodi statorici 25 del terzo e del quarto gruppo statorico 22, 23 si estendono a sbalzo dalle rispettive strutture di protezione 30 gli uni verso gli altri.

Successivamente, lo strato sacrificale 12 viene attaccato. Più in dettaglio, lo strato sacrificale 12 viene rimosso dove scoperto e viene solo parzialmente asportato al di sotto della prima cornice esterna 17 e delle strutture di protezione 30, che quindi rimangono saldati al substrato 2. In questa fase, anche lo strato dielettrico 7 può essere in parte attaccato, ma non viene asportato completamente. Con riferimento alla figura 12, una seconda fetta semiconduttrice 32, avente un substrato 33, viene sottoposta a fasi di lavorazione preliminari e predisposta all'incollaggio con la prima fetta 1. In particolare, nel substrato 33 della seconda

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMJ

fetta 32 viene scavata una seconda cavità 35, avente approssimativamente le dimensioni della prima cavità 18; poi, viene realizzato un circuito di controllo 36, qui indicato schematicamente con simboli di componenti elettronici attivi e passivi; infine, uno strato di incollaggio 37 viene steso sulla seconda fetta 32.

Come mostrato in figura 13, la prima fetta 1 e la seconda fetta 32 vengono quindi incollate fra loro, in modo da formare una fetta composita 40, in cui la seconda fetta 32 funge da supporto. In particolare, lo strato epitassiale 16 della prima fetta 1 è rivolto verso la seconda fetta 32 e la prima cavità 18 è centrata rispetto alla seconda cavità 35.

Successivamente (figura 14), il substrato 2 della prima fetta 1 viene assottigliato mediante lappatura, fino a far affiorare su una faccia 1c della porzione residua 2' del substrato 2 le trincee di riferimento 3, i plug 5, che sono quindi passanti, e le regioni sacrificali di ancoraggio 9 (non visibili in figura 14).

Quindi (figura 15), la faccia 1c viene ricoperta con uno strato isolante 41, ad esempio comprendente uno strato di ossido di silicio e uno strato di nitruro o carburo di silicio (in figura 15, per semplicità i singoli strati non sono illustrati). Lo strato isolante 41 viene poi sagomato, in particolare per scoprire i plug

5 e porzioni del substrato 2 dove verranno poi realizzati contatti, nonché le regioni sacrificali di ancoraggio 9 (non visibili in figura 15; si veda anche la figura 16).

Tramite deposizione e definizione di uno strato metallico 43, vengono poi formati un microspecchio 42, ad esempio di forma rettangolare o quadrata, prime linee di connessione 44, ciascuna terminante con una piazzola 44a collegata a un rispettivo plug 5, e seconde linee di connessione 45, terminanti con rispettivi contatti 45a (per semplicità, in figura 16 sono mostrate solo alcune delle prime linee di connessione 44).

Successivamente, viene effettuato un terzo attacco "trench". Nella fetta composita 40, vengono così completati microcommutatori 100, uno dei quali è mostrato nelle figure 17-20, dove le linee di connessione 44, 45 e il cappuccio isolante 41 sono stati rimossi (tranne che nel particolare ingrandito di figura 20); il microspecchio 42 è invece illustrato.

L'attacco "trench", fortemente anisotropo, viene terminato dopo che è stato raggiunto lo strato dielettrico 7; dove attaccato, quindi, il silicio viene rimosso per tutto lo spessore residuo dello substrato 2.

In questa fase, nella porzione residua 2' del substrato 2 vengono formati una seconda cornice esterna 47

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BM)



di supporto, fissa, e parti di supporto mobili, in particolare una cornice interna 48 e una piattaforma 50; inoltre, vengono realizzati un primo, un secondo, un terzo e un quarto gruppo rotante 51-54, comprendenti ciascuno una pluralità di rispettivi elettrodi rotanti 60 e accoppiati con il primo, il secondo, il terzo e il quarto gruppo statorico 20-23, in modo da formare rispettivamente un primo, un secondo, un terzo e un quarto attuatore 55-58 (figure 18 e 19, dove lo strato dielettrico 7 non è mostrato).

La cornice interna 48 è vincolata alla seconda cornice esterna 47 mediante una coppia di opposti primi elementi elastici torsionali 61, coassiali con il primo asse X; la cornice interna 48 è vincolata alla piattaforma 50 attraverso una coppia di opposti secondi elementi elastici torsionali 62, coassiali con il secondo asse Y. Inoltre, la seconda cornice esterna 47, la cornice interna 48 e la piattaforma 50 sono fra loro collegate rigidamente tramite le regioni sacrificali di ancoraggio 9, che non sono interessate dall'attacco "trench". Fra la cornice interna 48 e la seconda cornice esterna 47 è interposto uno spazio sufficiente a permettere alla cornice interna 48 di ruotare attorno al primo asse X senza collidere con la seconda cornice esterna 47, una volta rimosse le regioni sacrificali di

CERBARO Elson
Iscrizione Albo nr 426/BMJ

ancoraggio 9; analogamente, fra la piattaforma 50 e la cornice interna 48 è interposto uno spazio sufficiente a permettere alla piattaforma 50 di ruotare attorno al secondo asse Y senza collidere la cornice interna 48, una volta rimosse le regioni sacrificali di ancoraggio 9. Chiaramente, tale spazio dipende dallo spessore del substrato 2 dopo la lappatura e, nell'esempio descritto, è pari a circa 10 μm .

La seconda cornice esterna 47 presenta su lati opposti una coppia di recessi 63, 64 (figura 17), sovrapposti ai recessi 26, 27 della prima cornice esterna 17 (figura 8) e alloggianti il primo e, rispettivamente, il secondo gruppo rotante 51, 52. Più in dettaglio, gli elettrodi rotanti 60 del primo e del secondo gruppo rotante 51, 52 sono disposti a pettine perpendicolarmente al primo asse X e sono portati da bracci 65, affiancati ai primi elementi elastici torsionali 61 e collegati alla cornice interna 48. Inoltre (figura 19), gli elettrodi rotanti 60 del primo e del secondo gruppo rotante 51, 52 sono disposti al di sopra e sfalsati rispetto agli elettrodi statorici 25 del primo e, rispettivamente, del secondo gruppo statorico 20, 21.

La cornice interna 48 presenta su opposti lati affacciati alla piattaforma 50 recessi 68, 69, dove sono alloggiati il terzo e, rispettivamente, il quarto grup-

po rotante 53, 54. Più in dettaglio, gli elettrodi rotanti 60 del terzo e del quarto gruppo rotante 53, 54 sono disposti a pettine parallelamente al secondo asse Y e sono portati da bracci 69, affiancati ai secondi elementi elastici torsionali 62 e collegati alla piattaforma 50. Inoltre (figura 20), gli elettrodi rotanti 60 del terzo e del quarto gruppo rotante 53, 54 sono disposti al di sopra e sfalsati rispetto agli elettrodi statorici 25 del terzo e, rispettivamente, del quarto gruppo statorico 22, 23.

Dopo l'attacco "trench", la fetta composita 40 viene tagliata in singoli "dice", ciascuno comprendente un rispettivo microcommutatore 100 portato su una base 32', come mostrato in figura 21. Inoltre, lo strato dielettrico 7 viene asportato dove scoperto, mentre le regioni sacrificali di ancoraggio 9 vengono completamente rimosse. Più in dettaglio, lo strato sacrificale 7 non viene attaccato fra la prima e la seconda cornice esterna 17, 47 e fra la cornice interna 48 e le strutture di protezione 30 degli elettrodi statorici 25, dove si trovano anche porzioni residue dello strato sacrificale 12. In questo modo, vengono realizzati primi e secondi ancoraggi 70, 71 che collegano la seconda cornice esterna 47 alla prima e esterna 17 e, rispettivamente, la cornice interna 48 alle strutture di prote-

zione 30. Inoltre, porzioni residue 7' dello strato dielettrico 7 rimangono fra le linee di interconnessione 11 e la prima cornice 48 e fungono da supporto anche per gli elettrodi statorici 25 (a questo scopo, la larghezza delle linee di interconnessione 11 viene scelta secondo criteri noti in rapporto allo spessore dello strato dielettrico 7 in modo da evitare la completa rimozione di quest'ultimo).

Grazie alla rimozione delle regioni sacrificali di ancoraggio 9, la cornice interna 48 e la piattaforma 50 vengono liberate e sono perciò mobili. In dettaglio, la cornice interna 48 può oscillare attorno al primo asse X rispetto alla seconda cornice esterna 47 (e quindi rispetto al resto del microcommutatore 100), trascinando il terzo e il quarto attuatore 57, 58, e la piattaforma 50 può oscillare attorno al secondo asse Y rispetto alla cornice interna 48. Di conseguenza, il microspecchio 42 è orientabile sia attorno al primo asse X, sia attorno al secondo asse Y. Inoltre, il primo e il secondo attuatore 55, 56 sono azionabili per ruotare la cornice interna 48 attorno al primo asse X contro l'azione dei primi elementi elastici torsionali 61, sia in senso orario, sia in senso antiorario; analogamente il terzo e il quarto attuatore 57, 58 sono azionabili per ruotare la piattaforma 50 e il microspecchio 42 a

CERBARO Elena
iscrizione Albo nr 426/BMJ



torno al secondo asse Y contro l'azione dei secondi elementi elastici torsionali 62, sia in senso orario, sia in senso antiorario (in pratica, in ciascun attuatore 55-58 gli elettrodi statorici 25 possono essere polarizzati in modo da attrarre gli elettrodi rotanti 60 soprastanti; gli attuatori 55-58 sono inoltre dotati di simmetria assiale e quindi sono controllabili per imprimere rotazioni sia orarie, sia antiorarie).

Le linee di connessione 44, 45 per la polarizzazione degli elettrodi statorici 25 e degli elettrodi rotanti 60 degli attuatori 55-58, che nelle figure 17, 18 e 19 non sono illustrate, si sviluppano al di sopra della seconda cornice esterna 47, della cornice interna 48 e degli elementi elastici torsionali 61, 62; i contatti 45a, anch'essi non mostrati, sono portati dei bracci 65.

Il procedimento descritto presenta i seguenti vantaggi. In primo luogo, viene superata la necessità di riempire gli spazi fra le parti mobili e le parti fisse con ossido di silicio per bloccare le parti mobili durante la fabbricazione e, di conseguenza, vengono eliminati anche gli inconvenienti dovuti alle prolungate fasi di ossidazione termiche richieste a questo scopo. Infatti, le parti mobili definite a partire dal substrato 2 della prima fetta 1 (cornice interna 48, piat-

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

taforma 50 e gruppi rotanti 51-54) vengono realizzate solo dopo l'incollaggio della prima e della seconda fetta 1, 32 e l'assottigliamento della prima fetta 1; inoltre, le parti mobili realizzate nello strato epitassiale 16 (gruppi statorici 22, 23) sono mantenute bloccate fino a quando viene attaccato il substrato 2 della prima fetta 1. Il procedimento secondo l'invenzione permette quindi di lasciare spazi adeguati fra le parti mobili e le parti fisse, migliorando la libertà di movimento e riducendo i rischi di collisioni. La libertà di movimento è aumentata anche per il fatto che nella seconda fetta 32 è realizzata la cavità 35: in questo modo, la cornice interna 48 e la piattaforma 50 possono ruotare di angoli maggiori.

Il procedimento è dunque particolarmente adatto per la realizzazione di dispositivi in cui la parte mobile deve ruotare attorno a più assi non paralleli, come nel caso dei microcommutatori ottici, o comunque attorno a un asse non perpendicolare alla superficie della fetta. Inoltre, possono essere facilmente realizzati anche dispositivi con elevata densità di elettrodi, evitando il rischio che la crescita laterale dell'ossido termico deformi le fette.

Ulteriori vantaggi sono dati dall'utilizzo dei plug e delle linee di interconnessione in polisilicio

fra il substrato e lo strato epitassiale della prima fetta. Infatti, le linee di interconnessione sono integrate nella prima fetta possono essere definite con altissima precisione. È quindi possibile realizzare dispositivi con un'elevata densità di elettrodi reciprocamente isolati e polarizzabili indipendentemente attraverso rispettive linee di connessione dedicate. Nella forma di realizzazione descritta, in particolare, gli elettrodi statorici 25 possono essere polarizzati indipendentemente: è quindi possibile modificare il numero di elettrodi 25 attivati per controllare la coppia fornita dagli attuatori 55-58. Nei procedimenti tradizionali, invece, le linee di connessione sono realizzate nella seconda fetta è quindi la loro densità è limitata dalle tolleranze di allineamento nella fase di incollaggio della prima e della seconda fetta: occorre infatti evitare il rischio di effettuare connessioni errate.

Risulta infine evidente che al dispositivo di memoria descritto possono essere apportate modifiche e varianti, senza uscire dall'ambito della presente invenzione. In primo luogo, il procedimento può essere impiegato per realizzare dispositivi micro-elettromeccanici di tipo diverso da quanto descritto, in particolare, micromotori, microattuatori lineari e/o rota-

CERBARO Eland
Iscrizione Albo nr 426/BMI

zionali, sensori inerziali e sensori di pressione.

Inoltre, le parti mobili possono ruotare attorno ad assi orientati diversamente ed eventualmente non ortogonali fra loro. Ad esempio, gli assi potrebbero essere uno perpendicolare e uno parallelo alla faccia libera della prima fetta.

CERBARO Elenco
[iscrizione Albo nr 426/BM]



R I V E N D I C A Z I O N I

1. Procedimento per la fabbricazione di un dispositivo micro-elettro-meccanico (100), avente parti di supporto (17, 47, 48, 50) e parti operative (20-23, 51-54), comprendente le fasi di:

predisporre una prima fetta semiconduttrice (1), avente un primo strato (2) di materiale semiconduttore e un secondo strato (16) di materiale semiconduttore, sovrapposto a detto primo strato (2);

formare prime parti di supporto (17) e prime parti operative (20-23) di detto dispositivo (100) in detto secondo strato (16); e

fissare detta prima fetta (1) a una seconda fetta (32), con detto secondo strato rivolto verso detta seconda fetta (32);

caratterizzato dal fatto che, dopo detta fase di fissare detta prima fetta (1) a detta seconda fetta (32), viene eseguita la fase di formare seconde parti di supporto (47, 48, 50) e seconde parti operative (51-54) di detto dispositivo (100) in detto primo strato (2).

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta fase di formare seconde parti di supporto (47, 48, 50) e seconde parti operative (51-54) comprende:

assottigliare detto primo strato (2); e
attaccare in modo anisotropo una porzione residua
(2') di detto primo strato (2).

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che dette prime parti operative (20-23) sono accoppiabili elettrostaticamente a rispettive dette seconde parti operative (51-54).

4. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che dette parti di supporto comprendono parti fisse di supporto (17, 47) e parti mobili di supporto (48, 50).

5. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere la fase di formare elementi elastici (61, 62) colleganti dette parti di supporto (17, 47) e dette parti operative (20-23, 48, 50, 51-54).

6. Procedimento secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detta fase di formare elementi elastici (61, 62) comprende formare detti elementi elastici (61, 62) in detto primo strato (2).

7. Procedimento secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detti elementi elastici (61, 62) comprendono primi elementi elastici torsionali (61), allineati a un primo asse (X), e secondi elementi elastici torsionali (62), allineati a un secondo asse

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BMI)

(Y).

8. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta fase di predisporre detta prima fetta (1) comprende formare linee di interconnessione (11) interposte fra detto primo strato (2) e detto secondo strato (16).

9. Procedimento secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detta fase di formare linee di interconnessione (11) comprende:

formare un strato conduttivo (10) su detto primo strato (2); e

sagomare detto strato conduttivo (10).

10. Procedimento secondo la rivendicazione 8 o 9, caratterizzato dal fatto di comprendere la fase di realizzare in detto secondo strato (2) interconnessioni passanti (5) collegate a dette linee di interconnessione.

11. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che, prima di detta fase di formare seconde parti di supporto (47, 48, 50) e seconde parti operative (51-54), vengono eseguite le fasi di:

deporre uno strato metallico (43) su una faccia (1c) di detto primo strato (2) opposta a detto secondo strato (16); e

CERBARO S.p.A.
Iscrizione Albo nr 426/BM

sagomare detto strato metallico (43).

12. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

realizzare strutture sacrificali di ancoraggio (9), colleganti dette prime e seconde strutture di supporto (17, 47, 48, 50) e dette prime e seconde strutture operative (20-23, 51-54), in modo da prevenire movimenti relativi;

tagliare detta fetta in un pluralità di "dice", ciascuno comprendente un rispettivo dispositivo micro-elettro-meccanico (100); e

rimuovere dette strutture sacrificali di ancoraggio (9).

13. Dispositivo micro-elettro-meccanico comprendente:

un primo strato (2') di materiale semiconduttore e un secondo strato (16) di materiale semiconduttore, fissato a una base (32');

prime parti di supporto (17) e prime parti operative (20-23), formate in detto secondo strato (16); e

secondo parti di supporto (47, 48, 50) e secondo parti operative (51-54), formate in detto primo strato (2);


caratterizzato dal fatto di comprendere linee di

CERBARO Elena
licenziazione Albo nr 426/BMJ



interconnessione (11), almeno parzialmente interposte fra detto primo strato (2') e detto secondo strato (16) e interconnessioni passanti (5) attraverso detto primo strato (2') ed elettricamente collegate a dette linee di interconnessione (11).

p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

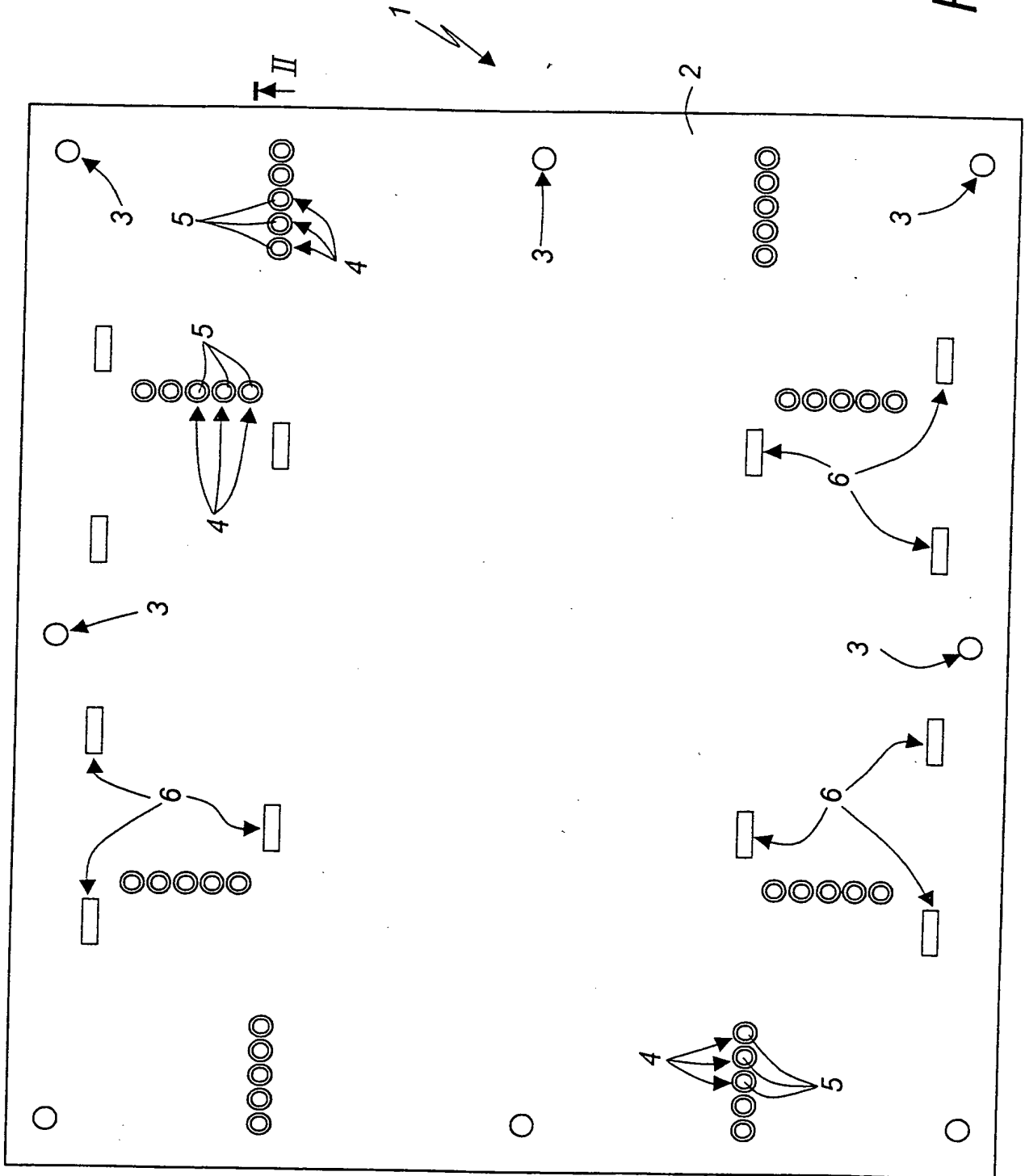

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BM)

 CAMERA DI COMMERCIO
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BM)

TO 2003A000268

Fig 1



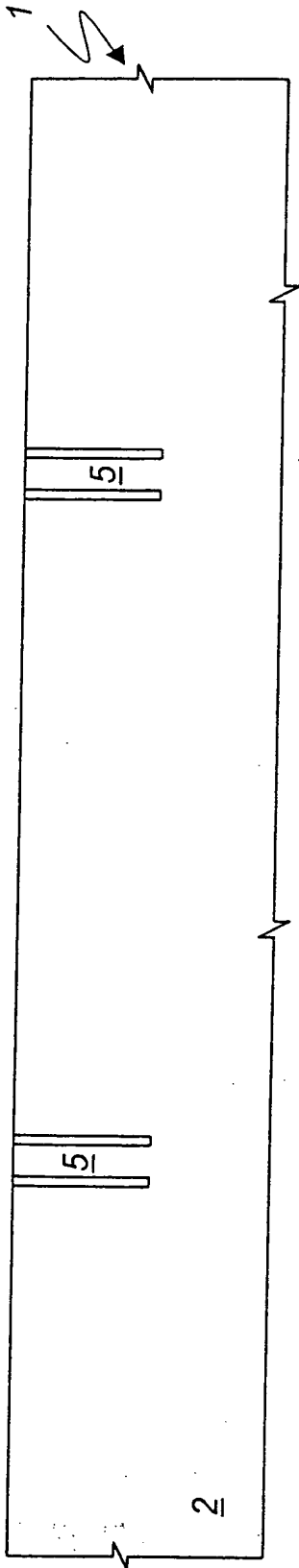


Fig. 2

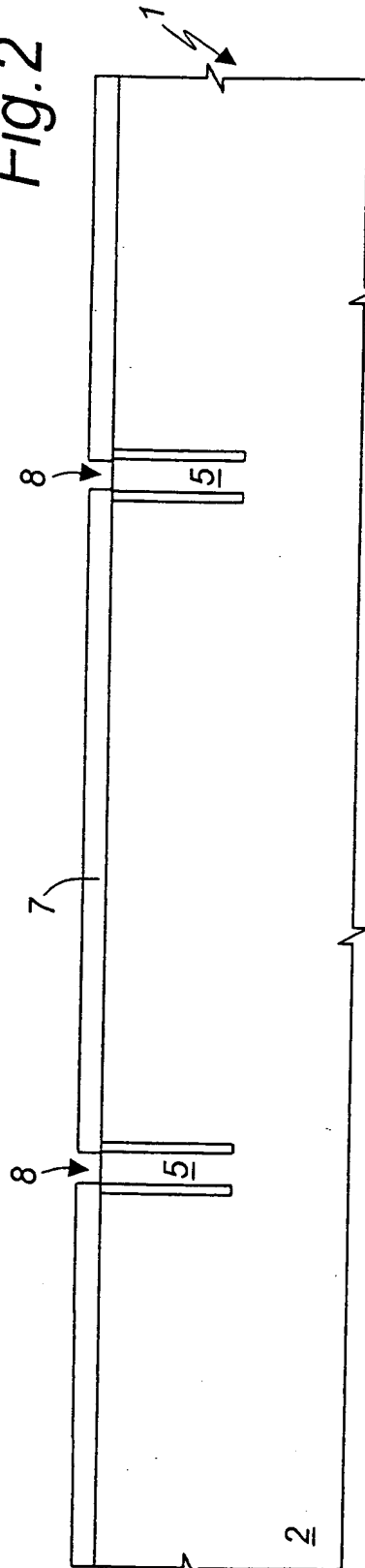


Fig. 3

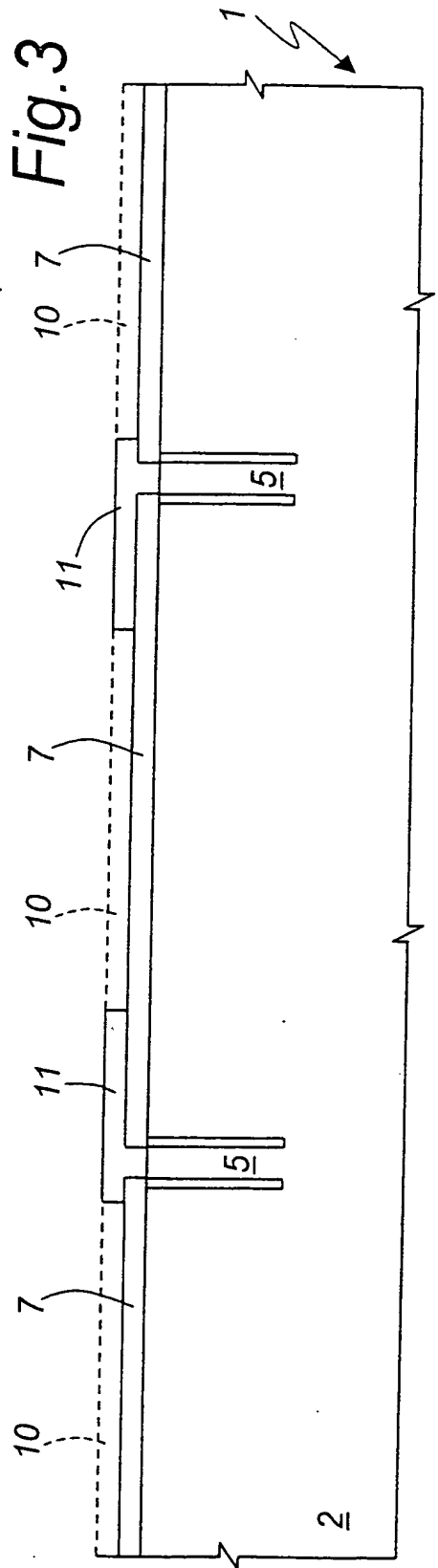


Fig. 4

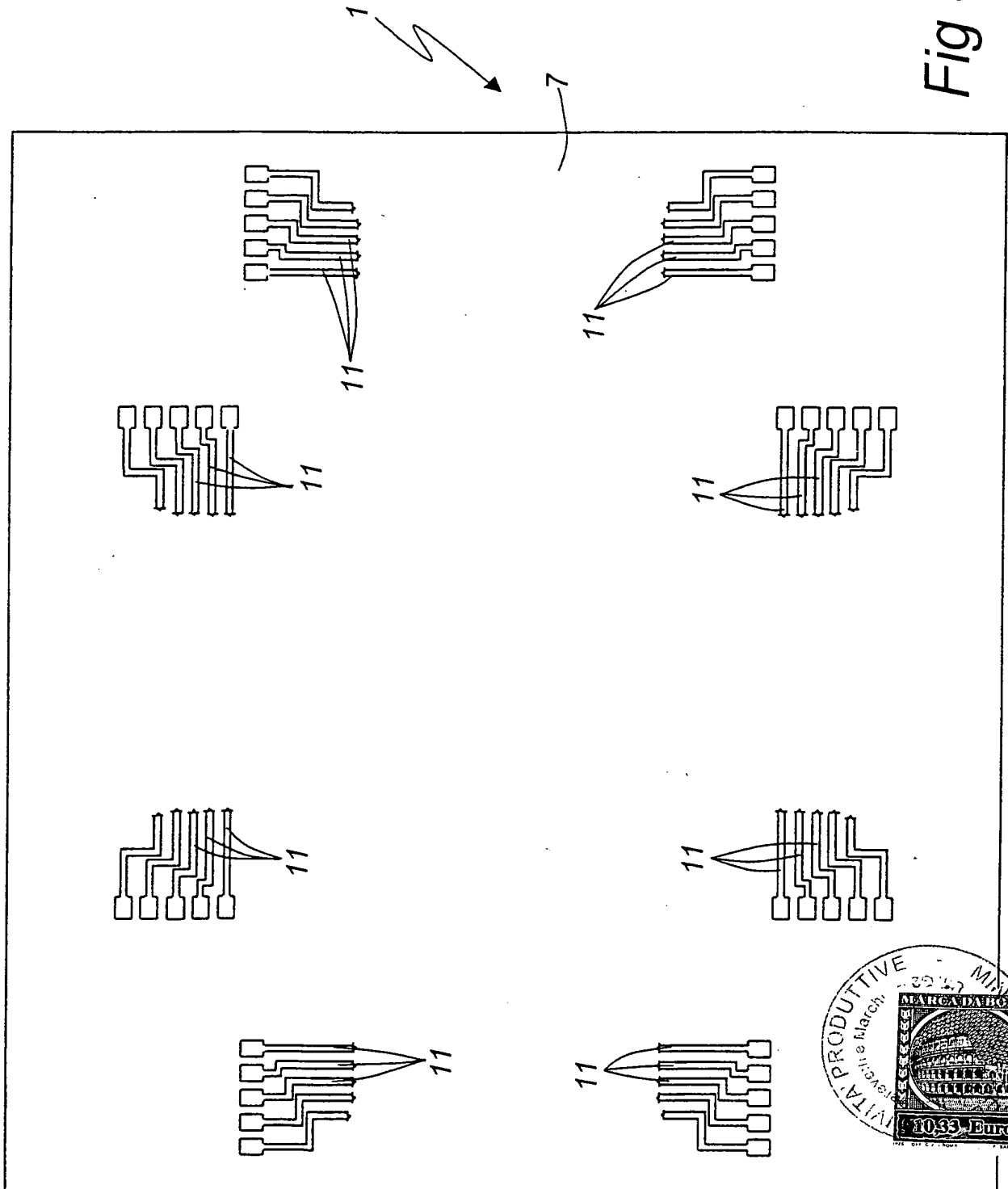
p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

CERBARO Elena

iscrizione Albo nr 426/BMI

CAMERA DI COMMERCIO
SPICCIANATO E AGRICOLTURA

Fig 5



p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

Elena Cabrera
CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

 CAMERA DI COMMERCIO
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO



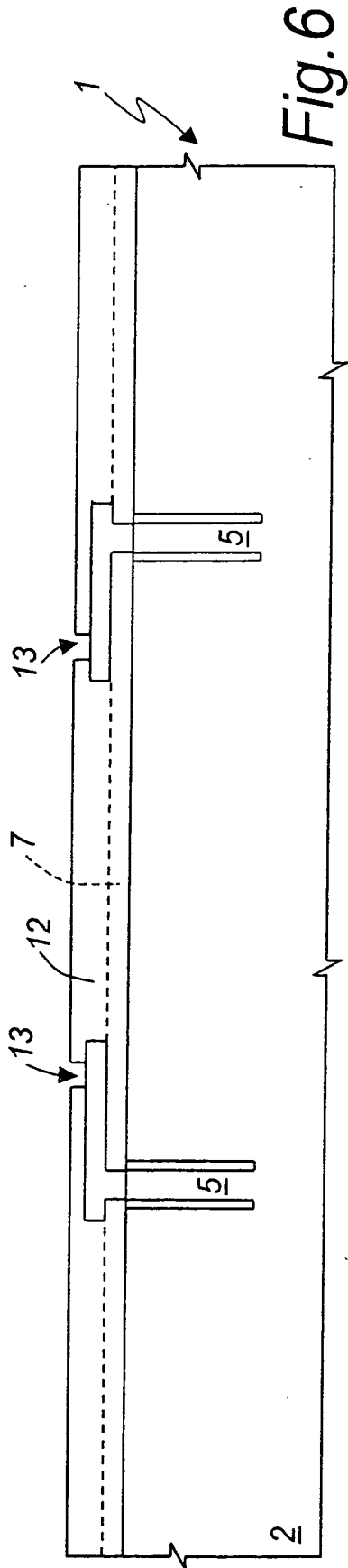


Fig. 6

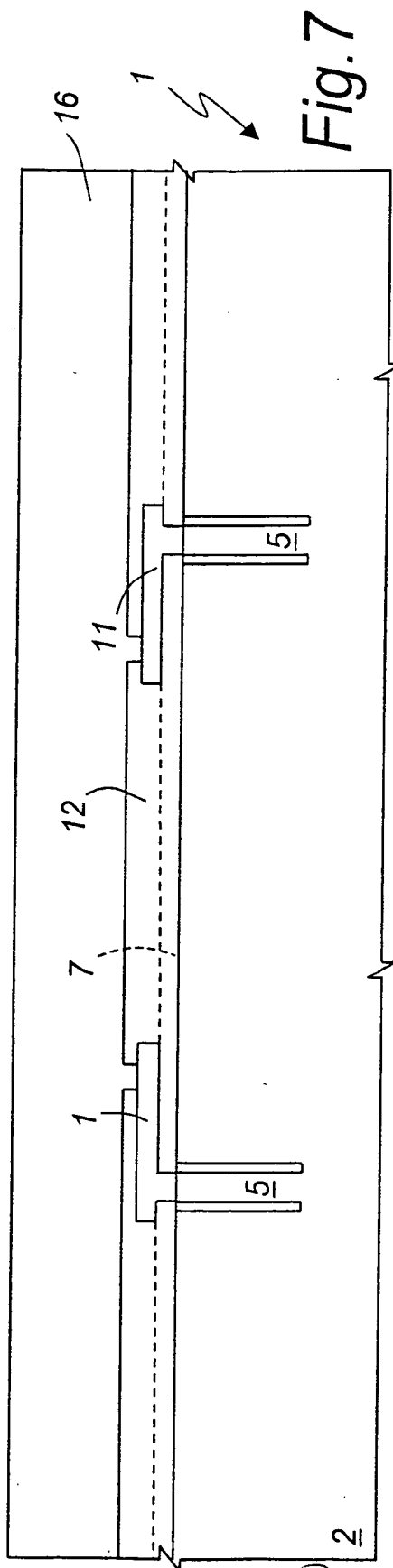


Fig. 7

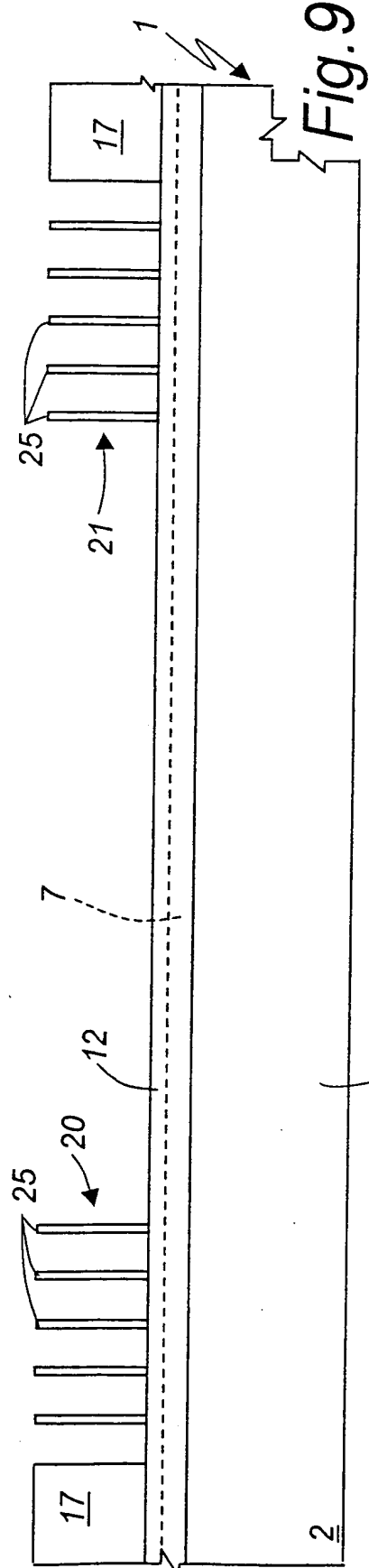
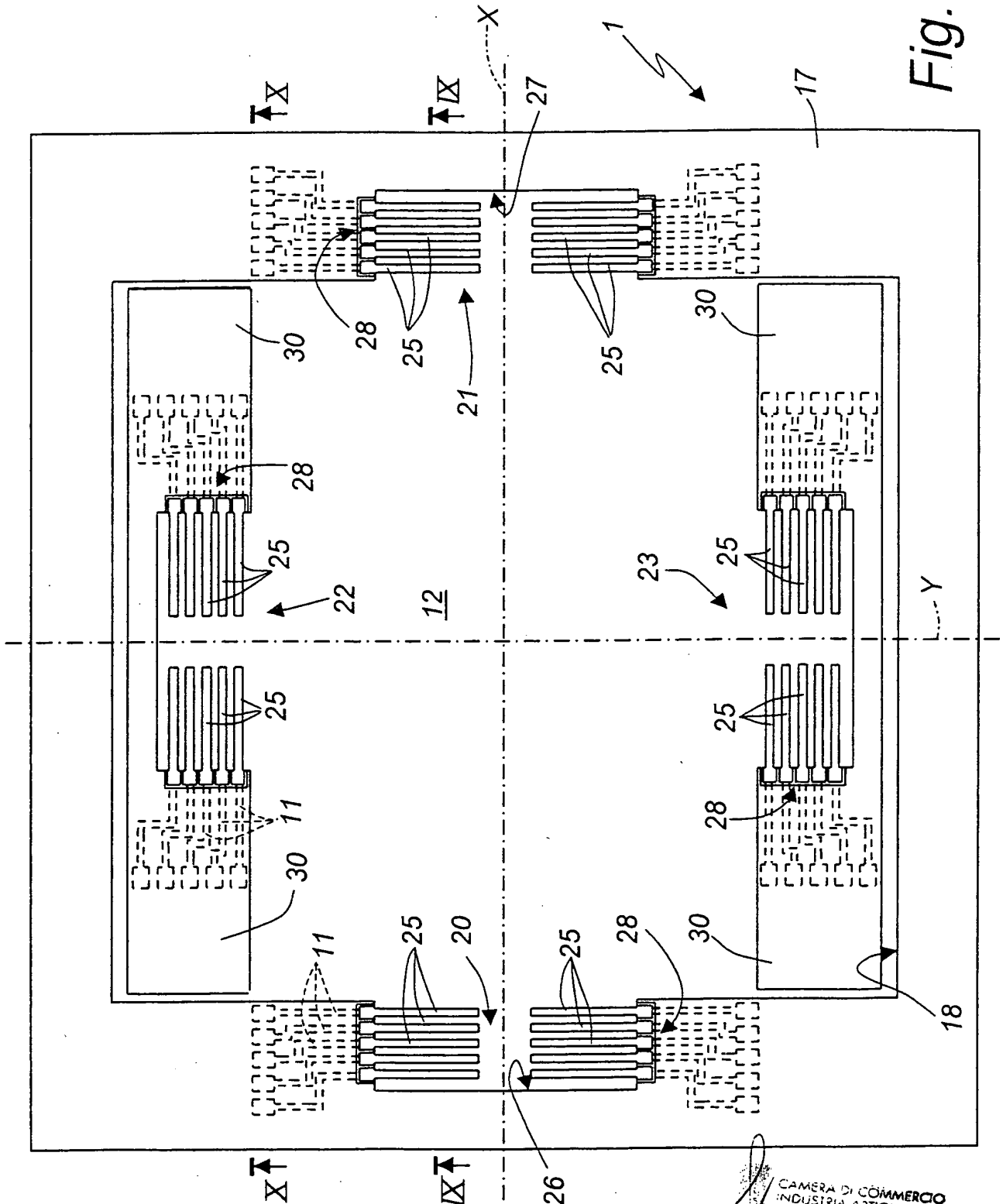


Fig. 9

Fig. 8



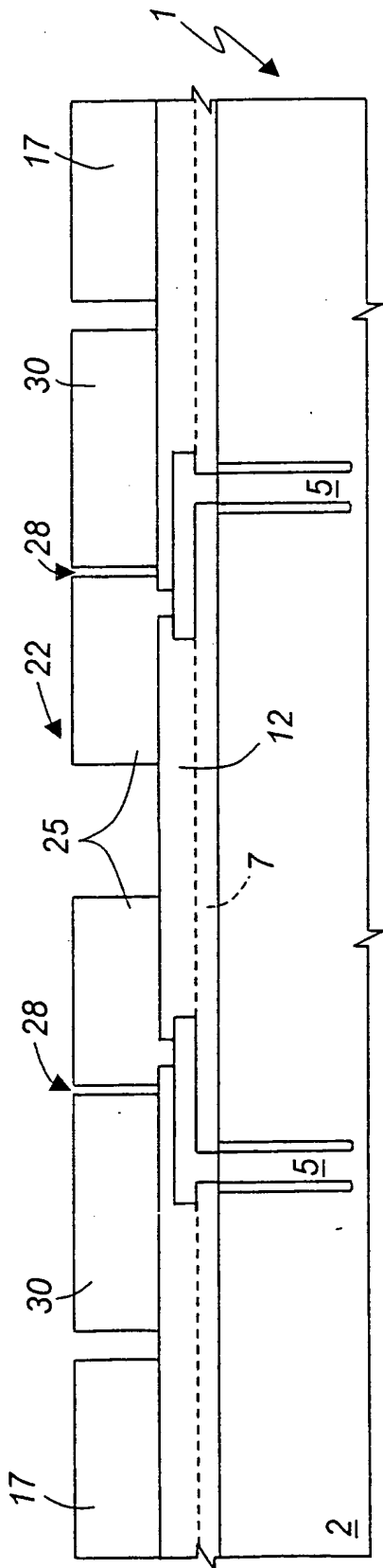


Fig. 10

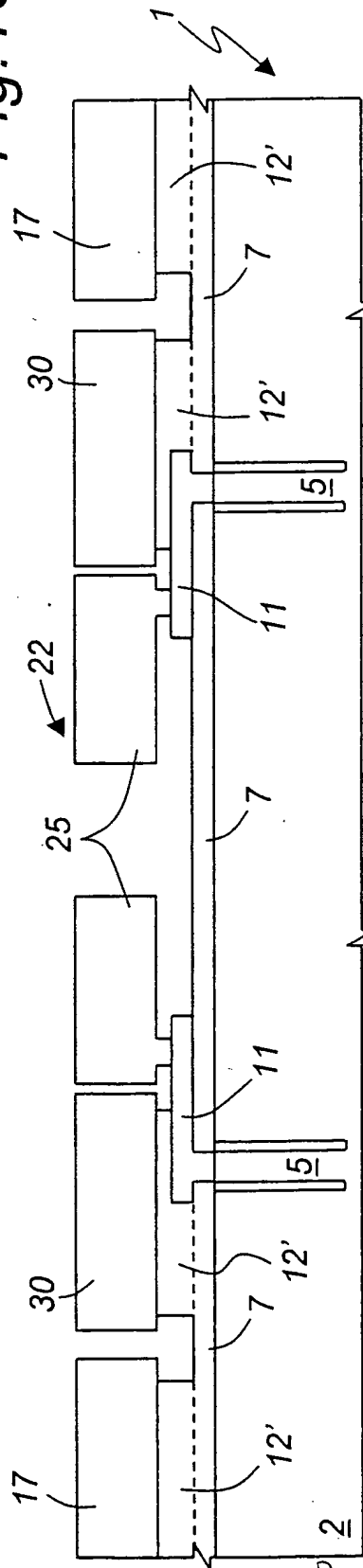


Fig. 11

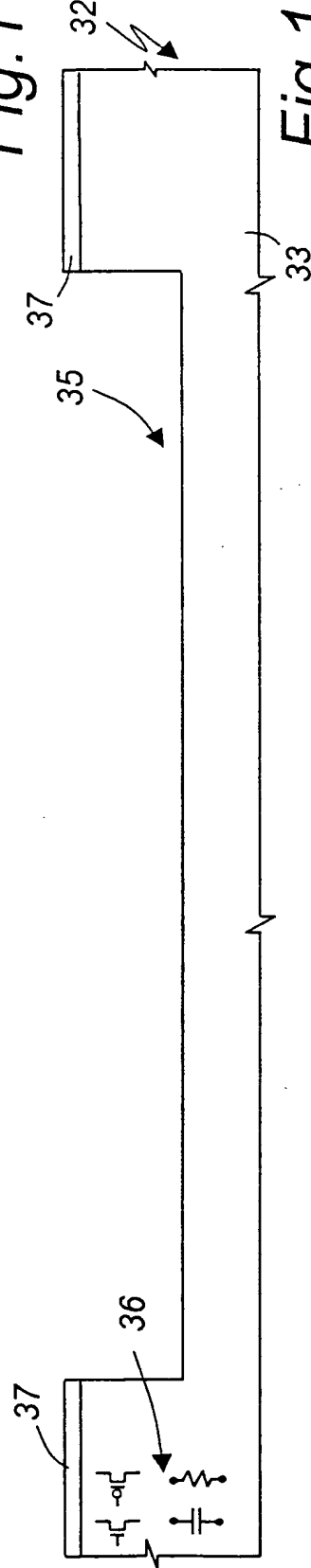
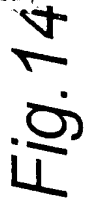
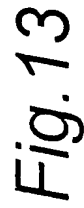


Fig. 12



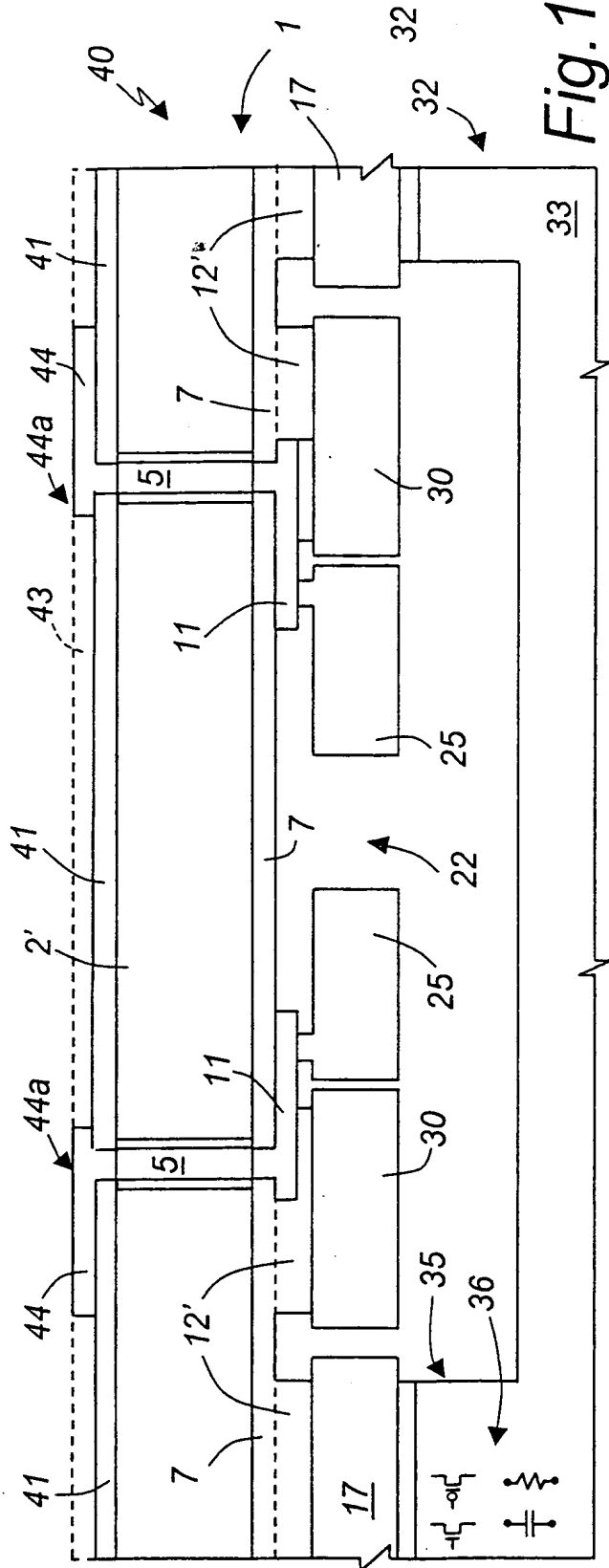


Fig. 15

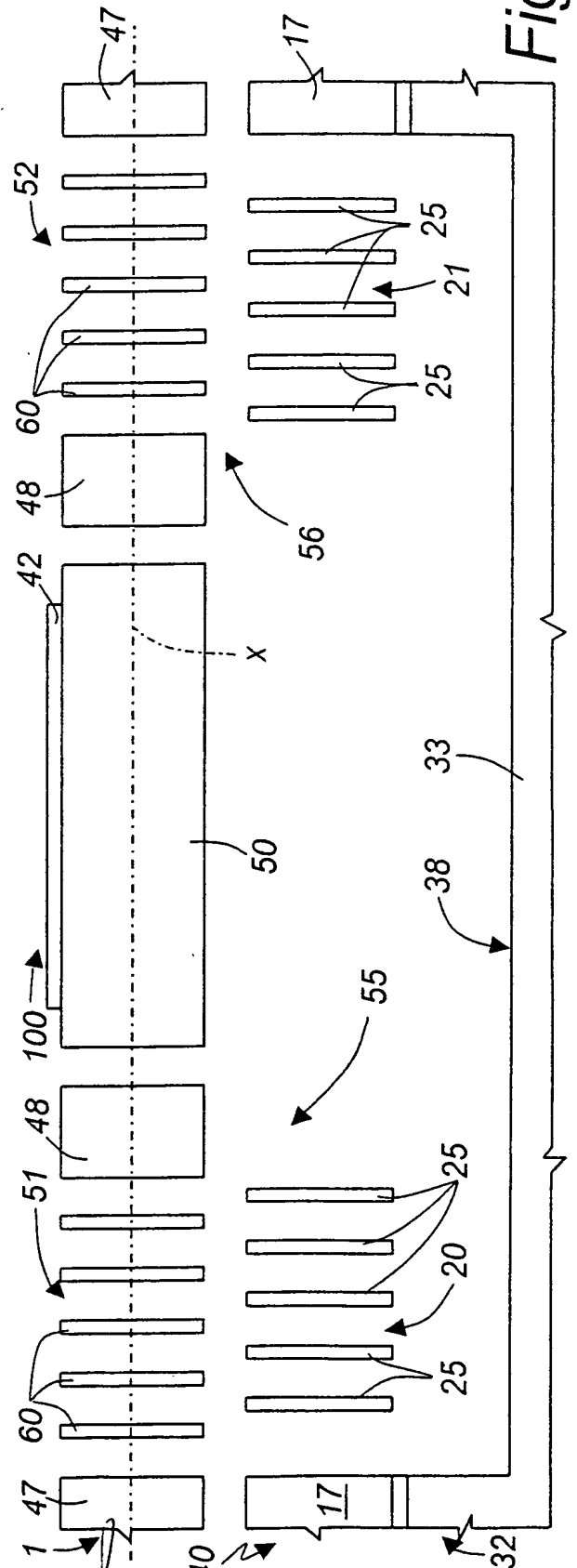


Fig. 18

Fig. 16

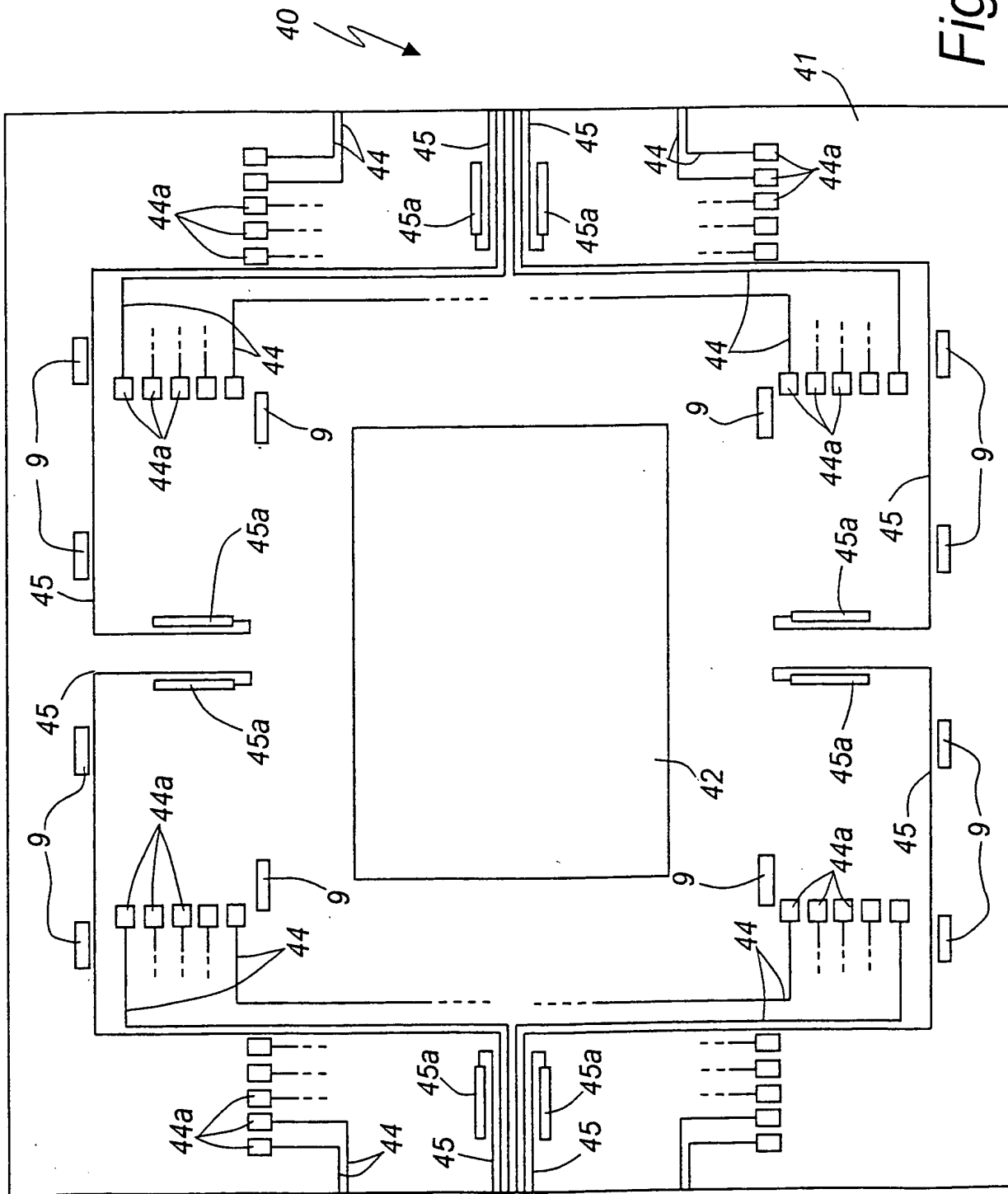
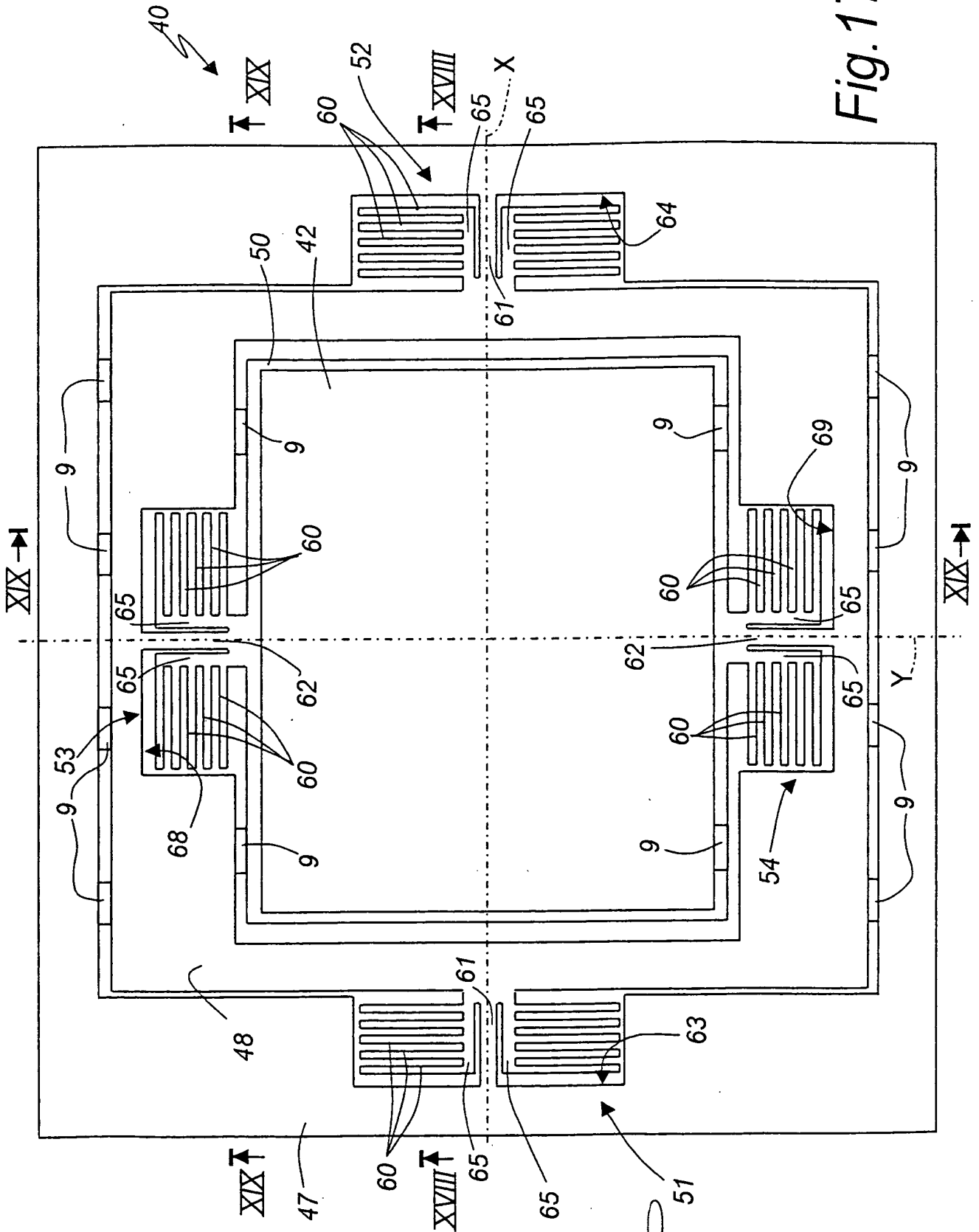


Fig.17



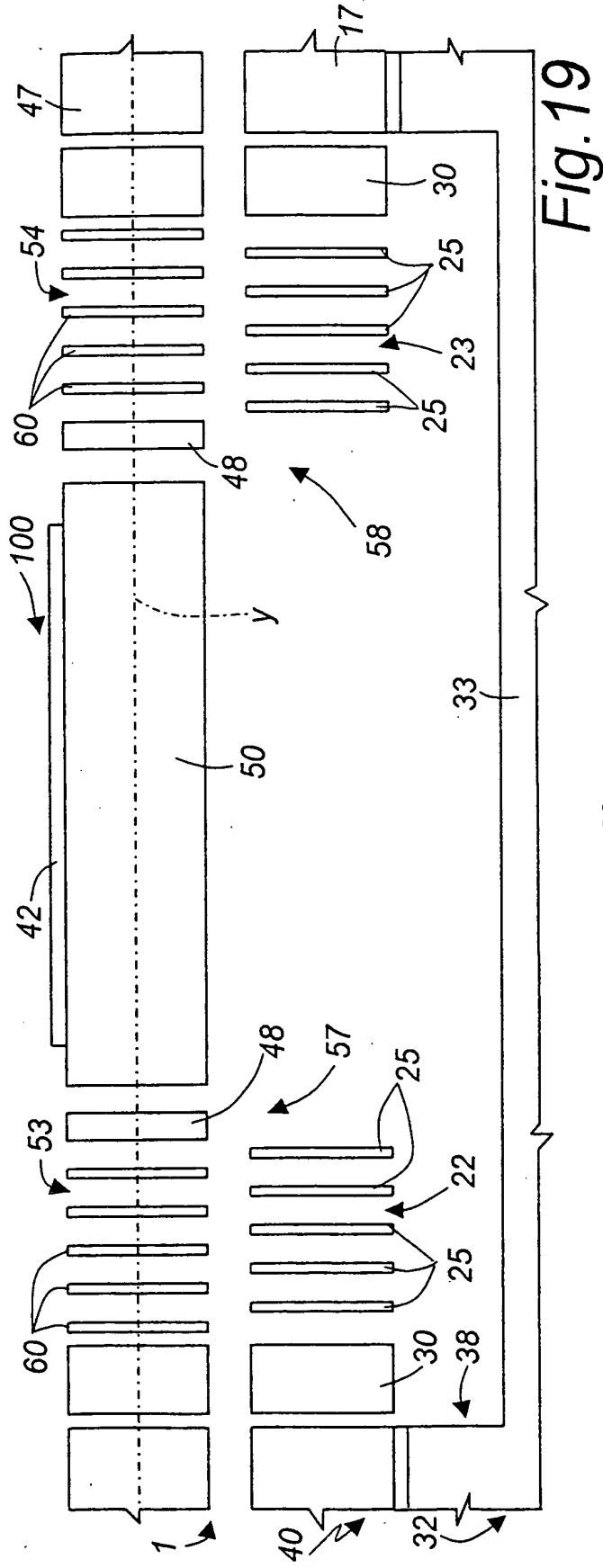
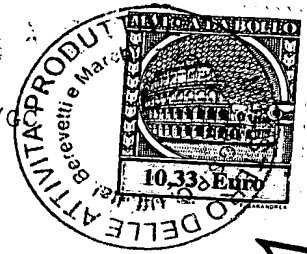


Fig. 19

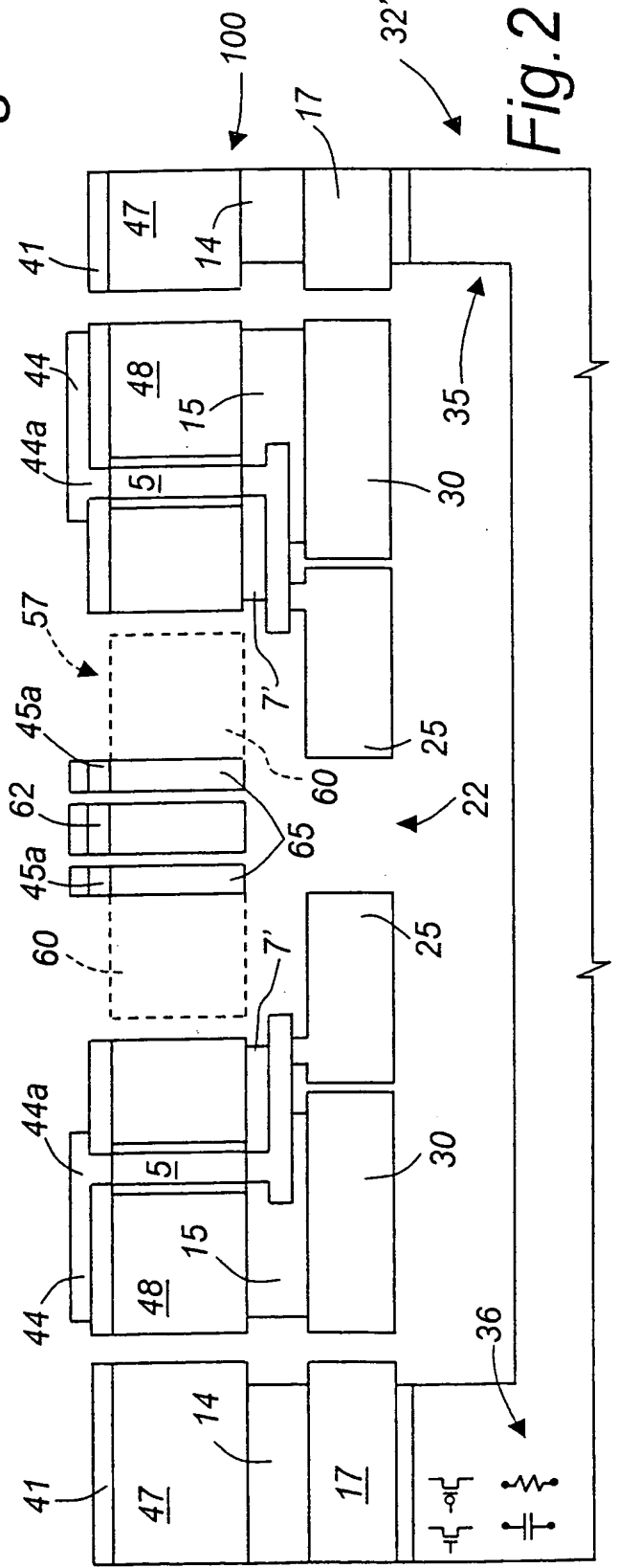


Fig. 21

TE 2003A000268

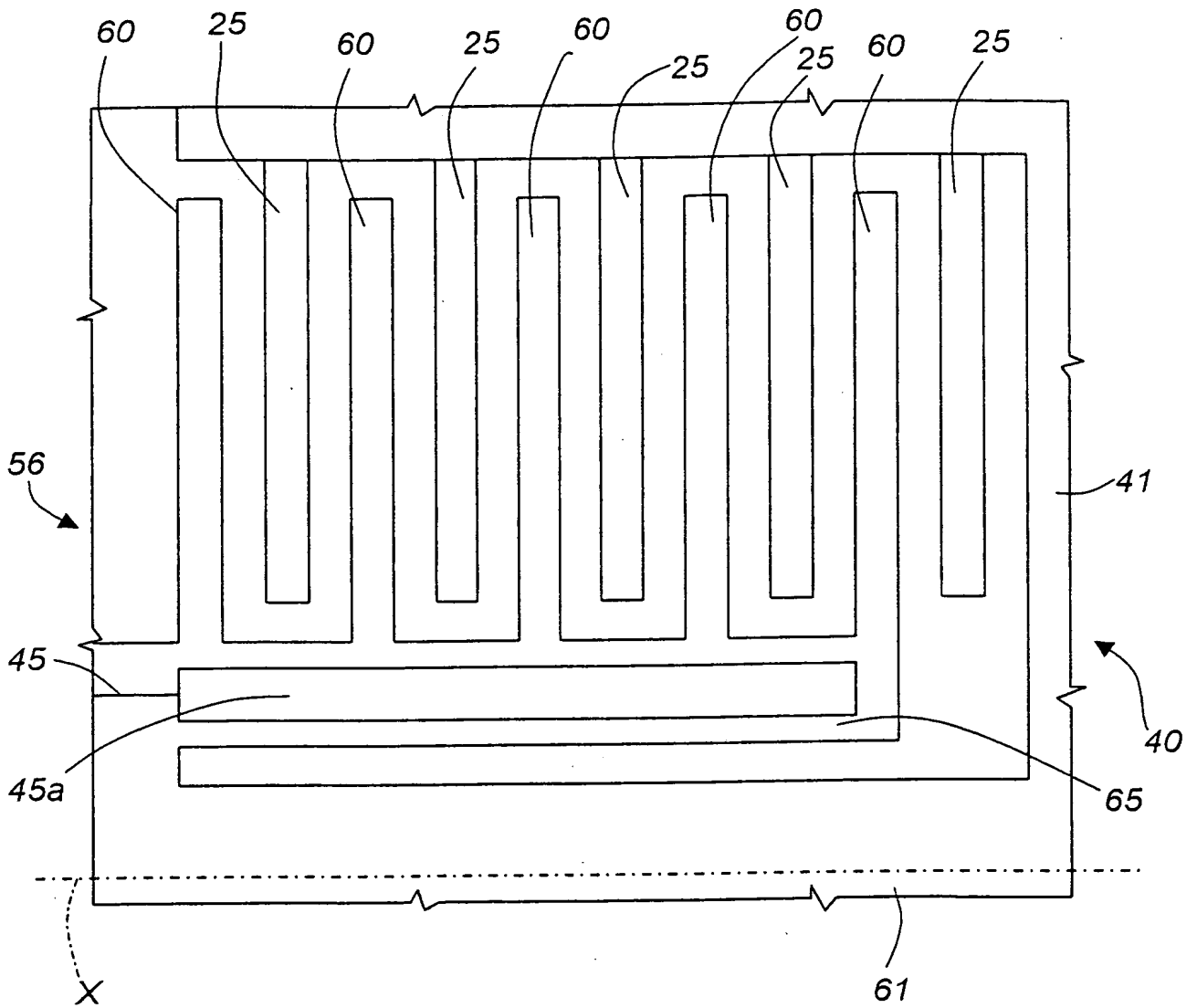


Fig. 20

CAMERA DI COMMERCIO
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO

p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

Alvaro Cubero
GERARDO Elena
[iscrizione Albo nr 426/BM]